

In 09/320, 472

⑩ 日本国特許庁 (JP)

⑪ 特許出願公開

## ⑫ 公開特許公報 (A)

平2-166717

⑬ Int.Cl.<sup>5</sup>H 01 L 21/027  
G 03 F 7/20

識別記号

5 2 1

庁内整理番号

6906-2H  
7376-5F

⑭ 公開 平成2年(1990)6月27日

H 01 L 21/30 3 0 1 C  
審査請求 未請求 請求項の数 5 (全17頁)

⑮ 発明の名称 露光方法

⑯ 特 願 昭63-320615

⑰ 出 願 昭63(1988)12月21日

⑱ 発明者 諏訪 恒一 東京都品川区西大井1丁目6番3号 株式会社ニコン大井  
製作所内⑲ 発明者 蛭川 茂 東京都品川区西大井1丁目6番3号 株式会社ニコン大井  
製作所内

⑳ 出願人 株式会社ニコン 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

㉑ 代理人 弁理士 渡辺 隆男

## 明細書

## 1. 発明の名称

露光方法

## 2. 特許請求の範囲

(1) 所定のエネルギー線に対する透過部と遮へい部とにより幾何学的なパターンが形成されたマスクに前記エネルギー線を照射し、該パターンを感応基板に露光する方法において、前記感應基板上に形成すべき全体パターンを、パターンの局所的な形状、もしくはパターンの密度に応じて複数の分解されたパターンに分け、該分解パターンの夫々をマスクに形成した後、該複数の分解パターンの夫々を前記感應基板上に順次位置合わせして重ね合わせ露光することを特徴とする露光方法。

(2) 前記全体パターンのなかで、前記透過部と遮へい部とによる線状パターンが所定間隔でほぼ平行に複数形成されているとき、前記透過部による線状パターンのうち接する2つの線状パターンは互いに異なる分解パターンに含まれるようにな分けたことを特徴とする請求項第1項に記載の方

法。

(3) 前記全体パターンのなかで、前記透過部、もしくは前記遮へい部による線状パターンが所定の角度で屈曲して形成されているとき、該屈曲した線状パターンは、屈曲部で2つに分けて互いに異なる分解パターンに含まれるようになされたことを特徴とする請求項第1項、又は第2項に記載の方法。

(4) 前記複数の分解パターンを重ね合わせ露光する際、各分解パターンの像を所定の像面内に結像する投影光学系を備えた露光装置を使用し、

該各分解パターンの露光時に、前記投影光学系によるパターン結像面と前記感應基板とを前記投影光学系の光軸方向に相対的に変位させて露光することを特徴とする請求項第1項記載の方法。

(5) 前記露光装置は前記マスクを特定の波長を有するエネルギー線で照射する照射手段を有し、前記投影光学系は前記特定の波長のエネルギー線からずれた波長に対しては所定量の軸上色収差を発生するように定められ、前記パターン結像面と

感応基板との光軸方向の相対的な変位を、前記エネルギー線の波長を変化させて行なうことを特徴とする請求項第4項に記載の方法。

### 3. 発明の詳細な説明

#### (産業上の利用分野)

本発明は、半導体素子や液晶素子等を製造するために、マスクに形成された原版パターンを感応基板上に転写する露光方法に関するものである。

#### (従来の技術)

半導体素子の製造においては年々微細化と高集成化が進み、1 Mbitメモリ、4 Mbitメモリと増え線幅の細いリソグラフィ工程が要求されてきている。

この要求に答えるべく、現在リソグラフィ工程で使われる露光装置は、縮小投影型露光装置(ステッパー)が主流である。特に原版パターンを有するレチクルを1/5縮小投影レンズで15×15μ角程度に縮小してウェハ上のレジスト層に露光する方法が多用されている。

このステッパーの投影レンズは年々、解像力を

上げるために高開口数(N.A.)化され、露光用照明光の波長が436nm(g線)のとき、N.A.=0.48程度のものが実用化されている。

このように投影レンズの開口数を大きくすることは、それに応じて実効的な焦点深度が小さくなることを意味し、N.A.=0.48にした投影レンズの焦点深度は、例えば±0.8μm以下である。すなわち、ウェハ上の1つのショット領域を15×15μ角とすると、この領域全体の表面(レジスト層)が、投影レンズの最良結像面に対して±0.8μm以内(望ましくは±0.2μm以内)に正確に位置決めされなければならない。

そこで投影レンズの焦点深度の不足に対応するために、投影レンズに対してウェハを光軸方向に変位させつつ、同一レチクルのパターンを多重露光する方法が提案されている。

この方法は、投影レンズのみかけ上の焦点深度を増大させることになり、1つの有効な露光方法である。

#### (発明が解決しようとする問題点)

この多重焦点露光方法は、ベストフォーカスのコントラストは若干低下させるものの、広い焦点範囲に渡ってコントラストを保証しようとするものである。この方法は実験等の結果から、レチクルのパターン面がほとんど暗部(遮へい部)であり、その中に矩形の開口部(透過部)が散在するような、所謂コンタクトホール工程用のパターンに対しては有効であるが、その他のパターン、特に明暗の直線状パターンが繰返されるような配線層等のレチクルパターンに対してはコンタクトホールの場合ほどには有効でないのが現状である。このような配線層等のレチクルパターンでは、焦点位置を変化させるとウェハ上で本来暗線となるべき部分に明線部のデフォーカス像による光強度が与えられる結果、コントラストが急激に低下してレジストの膜減りが生じるためである。また投影露光方法では、投影レンズの性能上、転写可能な繰返しパターンの周期はある値以上に制限されている。この値は投影レンズの解像限界とも呼ばれており、現在実用化されているものでは、g線

で1/5縮小、N.A.=0.45のとき繰返しパターンの明線と暗線の線幅はウェハ上で0.8μm(レチクル上で4μm)程度となっている。

従って、レチクル上のパターンの線幅を細くしても、それ以下の線幅のパターンは正常に露光されることはなく、投影露光法によるリソグラフィの限界は、もっぱら投影レンズの性能(解像力)で決まると考えられている。

またプロキシミティ露光法においても、照明光の波長に応じて生じる回折現象から、マスク上の明線と暗線の繰り返し周期は、ある値よりも小さくすることは難しく、極力波長を短くすることで対応している。このため軟X線等の特別なエネルギー線を必要とした。

本発明は、これらの問題点に鑑みてなされたもので、より微細なパターンを投影光学系の開口数の極端な増大、照明光の極端な短波長化を計ることなく転写可能にすることを第1の目的とする。

さらに本発明は、投影露光法、プロキシミティ

露光法を問わず、より微細なパターンの転写を可能とする方法を得ることを第2の目的とする。

さらに本発明は、コンタクトホール以外のほとんどのパターンに対しても、多焦点露光法による効果が十分に得られるような方法を得ることを第3の目的とする。

(問題点を解決する為の手段)

本発明では、上記目的を達成するために、感応基板(エネルギー線に感光する層を有する基板)上に形成すべき全体パターンをパターンの局所的な形状やパターン密度に応じて複数のパターンに分解し、分解されたパターンを相互に位置合わせして重ね合わせ露光するようにした。

ここで本発明の概要を第1図に基づいて説明する。第1図において、感応基板上に形成すべき全体パターンは、チップ(又はショット)領域CP内に作られるパターンPA、PBであり、パターンPAはライン・アンド・スペース(L/S)状で90°に屈曲したパターンであり、パターンPBは単純なL/Sパターンである。

パターンPTA<sub>1</sub>、PTB<sub>1</sub>を露光する。

パターンPTB<sub>1</sub>、PTB<sub>2</sub>、PTB<sub>3</sub>の夫々は、パターンPBのL/Sパターンのうち、明線に対応した線状パターンを2本おきに取り出してまとめたもので、ライン・アンド・スペースのピッチは全体パターンのときの3倍(デューティは1/3)になっている。パターンPTA<sub>1</sub>、PTA<sub>2</sub>、PTA<sub>3</sub>の夫々についても同様であるが、各パターン中には、パターンPAの各ラインのように、90°で屈曲して連続したラインが生じないように分解してある。そして90°の屈曲部は互いに直交する2本のライン(各ラインは別レチクルに形成)の端部が一部重なり合うように定められている。このように、ライン・アンド・スペースパターンの場合は、互いに隣り合う明線同志は、それぞれ別のレチクルに形成するようにし、1枚のレチクル中では明線のパターン密度を低下(第1図の場合は1/3)させて明線の孤立化を計るようにした。

(作用)

パターンPA、PBは、それぞれ3つの分解パターンに分けられ、各分解パターンは3枚のレチクルR<sub>1</sub>、R<sub>2</sub>、R<sub>3</sub>に形成される。各レチクルR<sub>1</sub>、R<sub>2</sub>、R<sub>3</sub>はチップ領域CPに対応した露光帯SBが周囲に形成され、その内部の夫々にパターンPAを分解した3つのパターンPTA<sub>1</sub>、PTA<sub>2</sub>、PTA<sub>3</sub>と、パターンPBを分解した3つのパターンPTB<sub>1</sub>、PTB<sub>2</sub>、PTB<sub>3</sub>とが形成されている。また各レチクルR<sub>1</sub>、R<sub>2</sub>、R<sub>3</sub>にはアライメント用のマークRM<sub>1</sub>、RM<sub>2</sub>、RM<sub>3</sub>、RM<sub>4</sub>が設けられ、チップ領域CPに付随して設けられたマークWM<sub>1</sub>、WM<sub>2</sub>、WM<sub>3</sub>、WM<sub>4</sub>との位置合わせに使われる。

パターンPTA<sub>1</sub>、PTA<sub>2</sub>、PTA<sub>3</sub>、PTB<sub>1</sub>、PTB<sub>2</sub>、PTB<sub>3</sub>は図では暗線で示すが、実際には光透過部による明線である。パターンPTA<sub>1</sub>、PTB<sub>1</sub>をチップ領域CPに位置決めして露光した後、レチクルR<sub>1</sub>を変えて、パターンPTA<sub>2</sub>、PTB<sub>2</sub>をチップ領域CPに位置決めして露光し、次いでレチクルR<sub>3</sub>を位置決めして

第2図(A)はライン・アンド・スペース状の全体パターンP<sub>0</sub>をそのまま1枚のレチクルRに形成した場合を示し、第2図(B)は第2図(A)のパターンP<sub>0</sub>の明線を1本おきに形成した分解パターンP<sub>1</sub>の場合を示す。ここでP<sub>0</sub>、P<sub>1</sub>の明線の幅は等しく、dである。これらのレチクルRに照明光が照射されると、それぞれのパターンピッチP<sub>0</sub>に応じた方向に回折光が発生する。このn次回折光の回折角θは照明光の波長λとして、

$$\sin \theta = \frac{n \lambda}{P} \quad (\text{ただし } n = 0, \pm 1, \pm 2, \dots)$$

と表わされる。すなわち、パターンピッチが大きい分解パターンP<sub>1</sub>の方が同一回折次数の回折角が小さくなり、その結果一次以上の結像に寄与する回折光が増加し、イメージ・コントラストが大きくなることになる。以下にその実例を示す。

第2図(C)、(D)、(E)にg線、N.A.=0.45、d=0.5の投影レンズを用いて、感光基板上に0.4 μm L/S(0.4 μm幅の明線と暗

線の繰り返しパターン)を投影露光する際のベストフォーカスでの空間像の計算値(シミュレーション)を示す。ここで $\alpha$ 値とは投影レンズの入射瞳の面積と光源像の面積の比を表す。第2図(C)は1枚のレチクルにより露光した場合の空間像の強度分布を表し、横軸はある明線の中心を原点とした感光基板上の位置(μm)であり、縦軸は相対強度である。第2図(F)は2枚のレチクルに分解して各々露光した空間像強度の和を示し、第2図(D)、(E)はそれぞれ分解されたパターンの空間像の強度分布を表す。このシミュレーションより明らかのように、パターンを分割して露光することにより空間像のコントラストが向上する。

すなわち、L/S状のパターンの場合は、2つ以上の分解パターンにすることで、同じ開口数の投影レンズを使ったとしても、より多くの高次光を結像に使うことができる。このことはより微細な線状パターンを、投影レンズの性能で決まる解像限度まで最大限結像させることを意味

し、パターンの像質(レジストパターンの像質)を良好なものにする。

さらに、全体パターンP<sub>0</sub>に対して明部の比率を低くしたパターンP<sub>1</sub>にすることにより、投影レンズの最良結像面と感光基板表面とがデフォーカスした場合でも、パターンP<sub>1</sub>の暗部のデフォーカス像はあくまで暗部を維持し、明瞭化することなく、明線像のコントラストのみが低下するだけになる。このため多重焦点露光法を各分解パターン毎に行なえば、コンタクトホールのときと同様にみかけ上の焦点深度を増大させた効果が得られる。

#### (実施例)

第3図は本発明の実施例に好適な投影型露光装置(ステッパー)の構成を示す斜視図である。このステッパーの基本構成は、例えば特開昭62-145730号公報に開示されたものと同様であるので、以下簡単に説明する。

露光用光源2からの照明光は、レチクルブライブンド(照明視野絞り)等を有する照明光学系4を

通り、レチクルステージ6上の1枚のレチクルを照明する。レチクルステージ6には、ここでは4枚のレチクルR<sub>1</sub>、R<sub>2</sub>、R<sub>3</sub>、R<sub>4</sub>が同時に載置可能で、x、y方向に2次元移動する。このレチクルステージ6には、位置計測用のレーザ干渉計10からのレーザビームを反射する移動鏡8x、8yが互いに直角に固定されている。レチクルアライメント系12はレチクルのアライメントマークRM<sub>1</sub>～RM<sub>4</sub>を検出するとともに、ウェハW上のマークWM<sub>1</sub>～WM<sub>4</sub>も検出可能に設けられる。このため、アライメント系12は4枚のうちの1枚のレチクルを装置に対して位置決めする場合、あるいはマークRM<sub>1</sub>～RM<sub>4</sub>とマークWM<sub>1</sub>～WM<sub>4</sub>を同時に検出してダイ・バイ・ダイアライメントする場合の両方に利用できる。尚、第3図ではアライメント系12は1ヶ所にしか設けられていないが、第1図に示した各マークRM<sub>1</sub>、RM<sub>2</sub>、RM<sub>3</sub>、RM<sub>4</sub>に対応して複数ヶ所に配置されている。マークRM<sub>1</sub>～RM<sub>4</sub>、又はマークWM<sub>1</sub>～WM<sub>4</sub>の光電検出は、マーク検出系

14によって行なわれる。

さて、レチクルのパターン領域の像は投影レンズ系16を介してウェハW上に予め形成されたチップ領域CPに結像投影される。ウェハWはx、y方向に移動するウェハステージ26上に載置されるが、このウェハステージはy方向に移動するYステージ26y、Yステージ26y上をx方向に移動するXステージ26x、Xステージ26x上で投影光軸方向(Z方向)に微動するZステージ26zで構成される。Zステージ26z上には、レーザ干渉計30x、30yからのレーザビームを反射する移動鏡28x、28yが互いに直角に固定されている。またZステージ26zには、ウェハWとほぼ同じ高さになるように基準マークFMが固定されている。Xステージ26x、Yステージ26yの各軸方向の駆動はモータ27x、27yで行なわれる。ここで投影レンズ系16には、結像補正機構18が組み込まれ、露光光の入射によるエネルギー蓄積状態、環境条件等によって変動する投影レンズ系16の光学特性(倍率、焦点、

ある種のディストーション等)を時々刻々自動的に補正している。この結像補正機構18は、例えば特開昭60-78454号公報に詳しく開示されているので、ここでは説明を省略する。また、このステッパーには、レチクルステージ6の下方から投影レンズ系16のみを介してウェハW上のマーク(WM, ~WM, 等)を検出するアライメント光学系20と、このアライメント光学系20で検出されたマーク光情報を光電検出するマーク検出系22などで構成されたTTL(スルーレンズ)方式のアライメント系と、投影レンズ系16の直近に別設されたオフ・アクシス方式のアライメント系24とを備えている。

また第3図には示していないが、特開昭60-78454号公報に開示されているのと同様に、ウェハWの表面の高さ位置を高分解能で検出する斜入射式フォーカスセンサーが設けられ、Zステージ26ととともに、投影レンズ系の最良結像面とウェハ表面とを常に合致させる自動焦点合わせ機構として動作する。

の縮小倍率が1/5であると、光束ILの立体角θ<sub>1</sub>/2はθ<sub>0</sub>-5·θ<sub>0</sub>の関係になる。立体角θ<sub>1</sub>/2はウェハW上での結像光束の開口数とも呼ばれている。また投影レンズ系16単体でのウェハ側の開口数は、瞳EPいっぱいに光束を通過したときの光束ILの立体角で定義される。

さて、全体パターンP<sub>0</sub>が第2図(A)で示したものと同等であると、1次以上の高次回折光D<sub>11</sub>、D<sub>12</sub>、……が発生する。これら高次光には、0次光束D<sub>00</sub>の外側に広がって発生するものと、0次光束D<sub>00</sub>の内側に分布して発生するものがある。特に0次光束D<sub>00</sub>の外側に分布する高次光の一部は、例え投影レンズ系16に入射したとしても瞳EPでけられることになり、ウェハWへは達しない。従って、より多くの高次回折光を結像に利用するとなると、瞳EPの径をできるだけ大きくすること、すなわち投影レンズ系16の開口数(N.A.)をさらに大きくしなければならない。あるいは、照明光ILの開口数(立体角θ<sub>1</sub>/2)を小さくすること(面光源像の径を小さくす

ここで第3図の構成における照明光学系4と投影レンズ系16との光学的な関係を第4図を用いて説明する。照明光学系4は、投影レンズ系16の瞳EP内に2次光源像(面光源)を投射するよう構成され、所謂ケーラー照明法が採用される。瞳EPの大きさに対して、面光源像はわずかに小さくなるように設定されている。今、全体パターンP<sub>0</sub>を有するレチクルRの1点に着目してみると、この点に到達する照明光ILには、ある立体角θ<sub>1</sub>/2が存在する。この立体角θ<sub>1</sub>/2は全体パターンP<sub>0</sub>を透過した後も保存され、0次光の光束D<sub>00</sub>として投影レンズ系16に入射する。この照明光ILの立体角θ<sub>1</sub>/2は、照明光の開口数とも呼ばれている。また投影レンズ系16が両側テレセントリック系であるものとすると、レチクルR側とウェハW側の夫々で、瞳EPの中心(光軸AXが通る点)を通る主光線L<sub>1</sub>は光軸AXと平行になる。こうして瞳EPを通った光束はウェハW側で結像光束ILとなつてウェハW上の1点に結像する。この場合、投影レンズ系16

ること)で、パターンP<sub>0</sub>からの高次光D<sub>11</sub>、D<sub>12</sub>等の広がり角を小さく押えることも可能である。ただしこの場合、ウェハW側での0次の結像光束ILの開口数(立体角θ<sub>1</sub>/2)を極端に小さくしてしまうと、本来の解像性能を損うことになる。さらに元来、パターンP<sub>0</sub>のピッチやデューティによって高次光の回折角は一義的に決まってしまうので、仮りに照明光ILの立体角θ<sub>1</sub>/2を零に近づけることが可能だとしても、高次回折光のうちのある次数以上は瞳EPでけられることになる。ところが、本実施例のように、全体パターンを複数の分解パターンに分けると、第2図(B)からも明らかなように、0次光束の外側に広がる高次光の回折角が小さく押えられるため、瞳EPを容易に通過させることが可能となる。

ところで、第3図においては4枚のレチクルR<sub>1</sub>~R<sub>4</sub>が同一のレチクルステージ6上に設置され、そのうち任意の1枚のレチクルの中心が投影レンズ系16の光軸AX上に位置するように交換可能である。この交換時の各レチクルの位置決め

精度は、レーザ干渉計10を用いているため、極めて高精度(例えば $\pm 0.02 \mu\text{m}$ )にできる。このため、4枚のレチクル $R_1 \sim R_4$ の相互の位置関係を予め精密に計測しておけば、レーザ干渉計10の座標計測値のみに基づいてレチクルステージ6を移動させることで各レチクルを位置決めできる。また各レチクル $R_1 \sim R_4$ の相互位置関係を予め計測しない場合であっても、各レチクル毎にアライメント系12、マーク検出系14、基準マークFM等を用いて精密に位置決めができる。

さらに本実施例では、分解パターンを有する各レチクル $R_1 \sim R_4$ の露光時に、多重焦点露光法を併用するものとする。このため、ウェハW上の1つのチップ領域(ショット領域)CPを、あるレチクルを用いる露光する際、斜入射光式フォーカスセンサーがベストフォーカス点として検出したウェハ表面の高さ位置Z<sub>0</sub>と、この位置Z<sub>0</sub>から例えば $0.5 \mu\text{m}$ 程度上の高さ位置Z<sub>1</sub>、及びZ<sub>0</sub>から例えば $0.5 \mu\text{m}$ 程度下の高さ位置Z<sub>2</sub>の3

ることで、同様に最良結像面の高さ位置を変化させることができる。一般に縮小投影の場合、像側(ウェハ側)での焦点ずれ量は、物体側(レチクル側)の焦点ずれ量に換算すると、縮小倍率の2乗で決まってくる。このため、ウェハ側で $\pm 0.5 \mu\text{m}$ の焦点ずれが必要なとき、縮小倍率を $1/5$ とすると、レチクル側では $\pm 0.5 / (1/5)^2 = \pm 1.25 \mu\text{m}$ となる。

次に、先の第1図でも簡単に説明したが、全体パターンを分解パターンへ分割するいくつかの例を第5図、第6図、第7図、第8図を参照して説明する。

第5図は全体パターンが、第5図(A)に示すように幅D<sub>1</sub>の明線パターンPL<sub>1</sub>と幅D<sub>2</sub>(D<sub>1</sub> + D<sub>2</sub>)の暗線パターンPL<sub>2</sub>とが交互に繰り返されたライン・アンド・スペースの場合に、2枚のレチクルの夫々に第5図(B)、(C)に示すような分解パターンを形成する例である。第5図(B)の分解パターンと第5図(C)の分解パターンでは、ともに明線パターンPL<sub>1</sub>が全体バ

つの焦点位置の各々で繰り返し露光を行なうようする。従ってあるチップ領域CPを1つのレチクルで露光する間に、ウェハWの高さはZステージ26zにより $0.5 \mu\text{m}$ ステップで上下動される。

尚、Zステージ26zを露光動作中に上下動させる代りに、結像補正機構18を用いて、投影レンズ系16そのものの最良結像面(レチクル共役面)を上下動させても同様の効果が得られる。この場合、特開昭60-78454号公報に開示されているように、結像補正機構18は投影レンズ系16内の密封されたレンズ空間内の気体圧力を調整する方式であるので、本来の補正のための圧力調整値に、結像面を $\pm 0.5 \mu\text{m}$ 程度上下動させるためのオフセット圧力値を露光動作中に加えればよい。この際、圧力オフセットによって焦点面のみを変動させ、倍率やディストーション等は変動させないようなレンズ空間の組み合わせを選定する必要がある。

さらに、投影レンズ系16が両側テレセントリックである利点を使って、レチクルを上下動させ

ターンにくらべて1本おきに形成されている。そして2つの分解パターン同志では、明線パターンPL<sub>1</sub>の位置が相補的になっている。この場合、全体パターンでのピッチはD<sub>1</sub> + D<sub>2</sub>(= 2D<sub>1</sub>)、デューティはD<sub>1</sub> / (D<sub>1</sub> + D<sub>2</sub>) = 1/2であるが、分解パターンでのピッチは2D<sub>1</sub> + 2D<sub>2</sub>(= 4D<sub>1</sub>)、デューティはD<sub>1</sub> / (2D<sub>1</sub> + 2D<sub>2</sub>) = 1/4になる。このため各レチクル上での明線パターンPL<sub>1</sub>の孤立化が計られることになる。

第6図は、全体パターンが第6図(A)のようにL/S状のときに、各明線パターンPL<sub>1</sub>毎に別々のレチクルへ分けるのではなく、各明線パターンを全て微小な矩形明部PL<sub>1</sub>に分解して、第6図(B)、(C)のように互いに相補的に配置した様子を示すものである。この方法では、2つの分解パターンは、ともに孤立化した矩形明部PL<sub>1</sub>がL/Sのピッチ方向では互いに直交する方向にずれるように定められている。従って任意の1つの矩形明部PL<sub>1</sub>に着目すると、L/Sのピッチ方向の両脇について、幅(D<sub>1</sub> + 2D<sub>2</sub>)

の暗部が存在することになり、ピッチ方向のデューティは約1/4になっている。

第7図は、第7図(A)のように全体パターンでは直角に屈曲する線状パターンを第7図(B)、(C)に示すように屈曲部で方向別に分割して2つの直線状パターンPT<sub>1</sub>、PT<sub>2</sub>にした様子を示す。ここでパターンPT<sub>1</sub>、PT<sub>2</sub>の内部は透明部で、その周囲が遮へい部である。ここで2つのパターンPT<sub>1</sub>、PT<sub>2</sub>が明部であると、屈曲部のところでは一部オーバーラップさせるとよい。ただしオーバーラップする部分は2つのパターンPT<sub>1</sub>、PT<sub>2</sub>の夫々の長手方向に対してともに約45°になるようにする。このため、パターンPT<sub>1</sub>、PT<sub>2</sub>の接続部は、直角にするのではなく、例えば45°で切り取った形状にしておく。このように、90°で屈曲した線状パターンを2つのパターンPT<sub>1</sub>、PT<sub>2</sub>に分解して重ね合わせ露光すると、特に屈曲部のレジスト上での像再生が良好になり、90°でまがった内側のコーナー部の形状がきれいに露光される。またその他の

解パターンPTA<sub>1</sub>、PTA<sub>2</sub>、PTA<sub>3</sub>に分けたのである。尚、分解する数は2以上であればよく、特に制限はない。ただし、分解したパターン(レチクル)の数が多いと、重ね合わせ露光時の誤差がそれだけ累積されることになり、スループットの点でも不利である。

さらに分解した各パターンは、それぞれ別のレチクルR<sub>1</sub>～R<sub>4</sub>に形成するようにしたが、特開昭62-145730号公報に開示されているように、一枚の大型ガラス基板上に、複数の同一サイズのパターン領域を設け、分解した各パターンを各パターン領域内に設けるようにしてよい。

角度で屈曲した直線状パターンについても同様の方法を適用し得る。さらに直線状パターンでなくとも、鋭角(90°以下)で屈曲したエッジをもつパターンの場合は、エッジの2つの方向によつて2つのパターンに分解するとよい。

第8図は、第8図(A)のようにT字状に交差する全体パターンを、第8図(B)、(C)のように方向によって2つの線状パターンPT<sub>1</sub>、PT<sub>2</sub>に分解した場合を示す。線状パターンPT<sub>1</sub>、PT<sub>2</sub>はともに明部であるものとすると、線状パターンPT<sub>1</sub>の先端は90°以上の角度をもつ二等辺三角形にしておき、この三角形の部分が第8図(C)のようにパターンPT<sub>1</sub>の直線エッジに一部オーバーラップするようにする。このようにすると、T字状パターンの90°のコーナー部が、レジスト像の上では極めて鮮明になり、丸みをおびたりすることが少なくなる。

以上、パターン分解のいくつかの例を示したが、第1図で示した全体パターンPAに対しては、第5図の方法と第7図の方法を併用して、複数の分

次に第9図を参照して本実施例の代表的なシーケンスを説明する。

#### (ステップ100)

まず分解パターンを有する各レチクルR<sub>1</sub>～R<sub>4</sub>をレチクルステージ6上に載置し、各レチクルR<sub>1</sub>～R<sub>4</sub>をレチクルステージ6上でアライメント系12を用いて正確に位置決めする。特に各レチクルR<sub>1</sub>～R<sub>4</sub>のローテーション誤差は十分な精度で小さくする。このため、レチクルステージ6上の各レチクルR<sub>1</sub>～R<sub>4</sub>を保持する部分には微小回転機構を設ける。ただし、各レチクルR<sub>1</sub>～R<sub>4</sub>をx、y方向に微小移動させる機構は省略できる。それはレチクルステージ6そのものがレーザ干渉計10によって座標位置を精密に管理されているからであり、各レチクルR<sub>1</sub>～R<sub>4</sub>のマークRM<sub>1</sub>～RM<sub>4</sub>をアライメント系12で検出するようにレチクルステージ6を位置決めしたときの各座標値を記憶しておけばよい。また各レチクルR<sub>1</sub>～R<sub>4</sub>のローテーションの基準は、実際にはウェハステージ側のレーザ干渉計30x、3

0<sub>y</sub>で規定される座標系であるから、基準マーク FMとマーク RM<sub>1</sub>～RM<sub>4</sub>をアライメント系12で検出して、各レチクル R<sub>1</sub>～R<sub>4</sub>のローテーション誤差がウェハステージ側の座標系において零になるように追い込む必要がある。このようなレチクルのローテーションに関するアライメント手法は、例えば特開昭60-186845号公報に詳しく開示されている。

## 〔ステップ101〕

次に照明光学系4内に設けられた照明視野取りとしてのレチクルブラインドの開口形状や寸法を、レチクルの遮光帯SBに合わせるように設定する。

## 〔ステップ102〕

続いて、フォトレジストを塗布したウェハWをウェハステージ上にローディングし、オフ・アクシス方式のアライメント系24、あるいはTTL方式のアライメント光学系20を用いて、ウェハW上のいくつかのチップ領域CPに付随したマークを検出して、ウェハ全体のアライメント（グローバルアライメント）を行ない、ウェハW上のチ

ップ領域CPの配列座標と投影レンズ系16の光軸AX（レチクルのパターン領域中心点）とのx-y平面内での位置関係を規定する。ここで、ウェハWへの露光がファースト・プリントのときは、マーク WM<sub>1</sub>～WM<sub>4</sub>が存在しないので、ステップ102は省略される。

## 〔ステップ103〕

次に分解パターンの数、すなわちレチクルの枚数に対応したパターン番号nと、ウェハW上に露光すべきチップ領域CPの数に対応したチップ番号mがコンピュータを含む主制御装置に登録される。ここでパターン番号nは、レチクルの枚数Aのうちのいずれか1つの数にセットされ、チップ番号mは最大9として、初期状態では1にセットされる。

## 〔ステップ104〕

次にパターン番号nに対応したレチクルが投影レンズ系16の直上にくるように、レチクルステージ6を精密に位置決めする。

## 〔ステップ105〕

そして、ウェハステージを、チップ番号mに基づいて、ステッピングさせ、露光すべきn番目のチップ領域CPを投影レンズ系16の直下に位置決めする。このとき、n番目のレチクルの中心とm番目のチップ領域CPの中心とは、グローバルアライメント時の結果に応じて、通常±1μm程度の範囲内にアライメントされる。

## 〔ステップ106〕

次に、ダイ・バイ・ダイ・アライメントを実行するものとすると、アライメント光学系12、あるいはアライメント光学系20を用いてチップ領域CPに付随したマーク WM<sub>1</sub>～WM<sub>4</sub>のレチクルマーク RM<sub>1</sub>～RM<sub>4</sub>に対する位置ずれを精密に計測し、その位置ずれが許容範囲内になるまでウェハステージ26、又はレチクルステージ6のいずれか一方を微動させる。

尚、TTL方式のアライメント光学系20、又はアライメント光学系12によってダイ・バイ・ダイ・アライメントを行なう代りに、特開昭61-44429号公報に開示されているように、ウ

ェハW上の3～9個のチップ領域CPのマーク WM<sub>1</sub>～WM<sub>4</sub>の各位置を計測し、その計測値に基づいて統計的な演算手法により全てのチップ領域のステッピング位置を求めるエンハンスト・グローバルアライメント（E.G.A）法等を採用してもよい。

## 〔ステップ107〕

次に、m番目のチップ領域CPに対して、n番目のレチクルで露光を行なうが、ここでは各チップ領域毎に多重焦点露光法を適用するので、まず、チップ領域に対して斜入射光式デフォーカスセンターを動かせ、最良結像面に対するチップ領域表面の高さ位置を精密に計測する。そして、Zステージ26zによってベストフォーカス位置に調整してから、通常の露光量の1/3程度でレチクルのパターンを露光する。次に、例えばウェハW上で0.5μmのL/Sパターンが正確に結像される位置をベストフォーカスとした場合、この高さ位置に対して+0.5μm、-0.5μm程度変化させた2ヶ所の各々にZステージ26zをオフセット

させ、各高さ位置でそれぞれ約1/3の露光量で露光を行う。すなわち本実施例では、ベストフォーカス点、その前後の点の計3つの高さ位置で3重露光を行なう。多重露光の各露光時における露光量は、ほぼ通常の露光量の1/3でよいが、微妙に調整するとよい。尚、結像補正機構18を使って、最良結像面そのものを上下動させると、段階的に像面位置を固定する代りに、±0.5μmの間で連続的に像面を移動させつつ露光を行なうこともできる。この場合、照明光学系4内に設けられたシャッターは、1つのチップ領域CPに対して1回だけ開けばよく、スループット的には極めて有利である。

#### (ステップ108)

m番目のチップ領域の露光が完了すると、セットされたmの値を1だけインクリメントする。

#### (ステップ109)

ここでウェハW上のすべてのチップ領域の露光が完了したか否かを判断する。ここではmの最大値を9としたので、この時点でmが10以上にならぬ。

以上のようにして、次々にウェハWの処理を行なうが、例えば同一プロセスをへた複数枚のウェハを処理するときは、そのロット内の全てのウェハに対して1枚目のレチクルで露光してから、レチクル交換を行ない、次のレチクルでロット内の全てのウェハを露光するようなシーケンスにしてもよい。また、ステップ106でダイ・バイ・ダイ・アライメントを行なうときは、チップ領域CPに付随した1種類のマークを、各レチクルR<sub>1</sub>～R<sub>n</sub>の夫々とのアライメント時に共通に使うようにしておけば、ウェハW上に転写される各レチクル毎のパターンの間での相対位置ずれを最小にすることができる。

さらに、E. G. A法を採用するときは、露光シーケンス中の各アライメント系、駆動系等のドリフトが問題となる可能性もあるが、基準マークFMを使ってレチクル交換のたび、又はウェハ露光終了のたびに各系のドリフトをチェックすることで、仮りにドリフトが生じてもただちに補正することができる。

つていれば次のステップ110へ進み、9以下のときはステップ105に戻り、次のチップ領域へのステッピングが行なわれる。

#### (ステップ110)

ウェハW上にn番目のレチクルが露光されると、ウェハステージを1番目のチップ領域に対する露光位置へリセットし、チップ番号mを1にセットする。

#### (ステップ111)

ここで用意した分解パターンのすべてのレチクルが露光されているときは、1枚のウェハに対する露光が終了したことになる。まだ残っているレチクルがあるときは、ステップ112に進む。

#### (ステップ112)

次にパターン番号nは他のレチクルに対応した値に変更し、再びステップ104へ戻り、同様の動作を繰り返す。

以上の各ステップで、ファースト・プリントの際は先のステップ102以外に、ステップ106も省略されることとは言うまでもない。

以上本実施例では、孤立化された分解パターンの夫々を、複数点の焦点位置で多重露光を行なうために、解像限界の増大と焦点深度の増大とともに得られることになる。ここで言う解像限界とは、レチクル上の全体パターンがL/S状のように密なために、回折現象等によって、レジスト上にパターン転写したときの明線と暗線が良好に分離して解像されない限界のことを意味し、投影レンズ系16単体の理論解像力とは別の意味である。本実施例では全体パターン中の各線状パターンを孤立化するように分解しておき、孤立化されたパターンを投影するので、ほとんど投影レンズ系16の理論解像力までいっぱいに使って、より微細な線状パターンを転写することができる。この効果は多重焦点露光法を併用しない場合、すなわち第9図中のステップ107でZステージ26zをベストフォーカスに固定したまま、各分解パターンのレチクルR<sub>1</sub>～R<sub>n</sub>を重ね合わせ露光する場合であっても同様に得られるものである。

次に本発明の第2の実施例によるパターン分解

の手法と、それに伴った露光方法を説明する。第10図(A)はウェハW上に形成される回路パターン構成の一例を模式的に表わした断面であり、製造の後半ではウェハ表面に微小な凹凸が形成される。この微小凹凸は場合によっては投影レンズ系16の焦点深度(例えば $\pm 0.8 \mu\text{m}$ )よりも大きくなることもある。第10図(A)ではウェハ表面にレジスト層P<sub>R</sub>が形成され、ウェハ上の凸部にパターンP<sub>r1</sub>、P<sub>r2</sub>、P<sub>r3</sub>を露光し、凹部にパターンP<sub>r4</sub>を露光する場合を示す。この場合、従来の露光方法では、1枚のレチクル上に透明部としてのパターンP<sub>r1</sub>～P<sub>r4</sub>の全てを形成していくが、本実施例では凸部のところに露光されるパターンP<sub>r1</sub>、P<sub>r2</sub>、P<sub>r3</sub>は第10図(B)のようにレチクルR<sub>1</sub>上に透過部P<sub>r1</sub>、P<sub>r2</sub>、P<sub>r3</sub>として形成しておき、凹部のところに露光されるパターンP<sub>r4</sub>は第10図(C)のようにレチクルR<sub>2</sub>上に透過部P<sub>r4</sub>として形成しておく。

そして、それぞれのレチクルR<sub>1</sub>、R<sub>2</sub>を用いて重ね合わせ露光する際、レチクルR<sub>1</sub>のときは

近年、レチクル上に形成された微小孤立パターン(コンタクトホール等)やコーナーエッジの形状を正確に再現して露光する目的でサブ・スペース・マークを入れることが提案されている。第11図(A)はコンタクトホールとしてレチクル上に形成される微小矩形開口部P<sub>11</sub>を表わし、この開口部P<sub>11</sub>はウェハ上に露光したとき $1 \sim 2 \mu\text{m}$ 角程度になる。この種の開口部P<sub>11</sub>は投影露光すると、レジスト上では $90^\circ$ の角部がつぶれて丸まることが多い。そこで投影光学系では解像されない程小さいサイズ(例えばウェハ上で $0.2 \mu\text{m}$ 角)のサブ・スペース・マークM<sub>11</sub>を開口部P<sub>11</sub>の4隅の角部近傍に設ける。

このように本来の開口部P<sub>11</sub>の他にサブ・スペース・マークM<sub>11</sub>を形成する場合、開口部P<sub>11</sub>の配列ピッチが狭くなると、従来のレチクルではサブ・スペース・マークM<sub>11</sub>を入れることが難しくなる。ところが本発明のように、全体パターンにおける開口部P<sub>11</sub>を1つおきにサブ・スペース・マークM<sub>11</sub>と共に別々のレチクル(又は別々の分

投影レンズ系16の最良結像面をウェハW上の凸部側に合わせるようして露光し、レチクルR<sub>1</sub>のときは最良結像面を凹部側に合わせるようにして露光する。このようにすれば、チップ領域CP内の全てのパターンが極めて解像力よく露光され、凸部、凹部に影響されて、部分的なデフォーカスを起すことが防止できる。

本実施例ではさらに、各レチクルR<sub>1</sub>、R<sub>2</sub>の露光時に、第1実施例で説明した多重焦点露光法を併用してもよい。また線状パターンがウェハW上の凹部から凸部にかけて露光されるようなときは、レチクル上ではその線状パターンを長手方向で分解して凸部にかかる部分と凹部にかかる部分とに分ければよい。さらにウェハW上の凸部、凹部を3段階に分けて、3つの分解パターンを作り、3つの焦点位置に分けて露光してもよい。もちろん、第5図～第8図で説明した分解ルールを併用してもよい。

第11図は、第3の実施例によるパターン分解手法を説明する図である。

解パターン)に形成しておけば、1つの開口部P<sub>11</sub>の周囲には充分なスペース(退へい部)ができるので、サブ・スペース・マークM<sub>11</sub>の設け方に自由度が得られるといった利点がある。

第11図(B)はラインパターンP<sub>11</sub>の端部近傍の両側に線状のサブ・スペース・マークM<sub>11</sub>を設けた場合を示す。全体パターンを分解パターンに分けたとき、露光すべき矩形状、又はライン状パターンに付加したサブ・スペース・マークM<sub>11</sub>はかならず分解されたそのパターンとともにレチクル上に形成しておく必要がある。また1つの全体パターン(例えば屈曲した線状パターン)を複数のパターンに分解したとき、各分解パターン中にコーナーエッジが生まれたときは、そのコーナーエッジ近傍等に新たにサブ・スペース・マークを設けておいてよい。

第12図は第4の実施例によるパターン分解手法を説明する図である。

本実施例では、今までの各実施例で説明した効果以外に、投影光学系の解像限界を超えた微小

線幅のリソグラフィが達成されるといった効果が得られる。

第12図(A)はウェハWの断面の一例を示し、レジスト層PRに紙面と直交する方向に伸びた細いラインパターン $P_{rs}$ 、 $P_{re}$ 、 $P_{ri}$ をレジスト像として残す場合を示す。

レジスト層PR上でパターン $P_{rs}$ 、 $P_{re}$ 、 $P_{ri}$ の周囲は全て感光させるものとすると、レチクル上の分解パターンは第12図(B)、(C)のように2つに分ける。第12図(B)、(C)で、2枚のレチクルの夫々には、パターン $P_{rs}$ 、 $P_{re}$ 、 $P_{ri}$ のところで互いにオーバーラップするような露光部が形成される。オーバーラップする露光部の幅 $\Delta D$ がパターン $P_{rs}$ 、 $P_{re}$ 、 $P_{ri}$ の線幅を決定する。ここで明らかなように、従来の方法では、パターン $P_{rs}$ 、 $P_{re}$ 、 $P_{ri}$ の夫々に対応した1本の暗線パターンを露光するため、各パターン $P_{rs}$ ～ $P_{ri}$ の線幅は投影レンズの性能等で制限されてしまう。しかしながら本実施例では2枚のレチクルの夫々に分解されたパターン上での暗部の幅は

極めて大きなものになり、回折の影響をほとんど受けない。このため投影レンズの性能、回折等の制限を受けずに、幅 $\Delta D$ を極めて小さくでき、例えば $0.8 \mu m$ を解像限界とする露光装置を使って $0.4 \mu m$ のラインパターンを作ることができる。本実施例の場合、ウェハW上へ転写されるパターン像の寸法精度は、2枚のレチクル(各分解パターン)の各アライメント精度、ウェハW上の各チャップ領域CPとのアライメント精度、及び2枚のレチクル間でのパターン領域の作成誤差等に依存して悪化することが考えられる。しかしながらアライメント精度は年々向上してきており、また各レチクルのパターン領域の作成誤差、マーク打ち込み誤差等は、予め計測して、アライメント時に位置補正するようなシーケンスをとれば実用上の問題は少ないと考えられる。さらに第12図(B)、(C)のパターン分解手法からも明らかではあるが、2つの分解パターンの夫々での露光時の光量は、どちらの分解パターンに対してもほぼ適正露光量にしておけばよい。またレジスト層P

Rはポジ型、ネガ型のいずれでもよく、多重焦点露光法との併用も有効である。

次に本発明の第5の実施例を第13図(A)、(B)を参照して説明する。第3図に示したステッパーの光源として、近年エキシマレーザ光源を用いることが注目されている。エキシマレーザ光源はレーザ媒質として希ガス・ハライド(XeCl、KrF、ArF等)のように、レーザ・ゲインの高いものが使われる。このためレーザチューブ内の電極間に高圧放電を起すと、特別な共振ミラーがなくても紫外域の強力な光を誘導放出し得る。この場合放出された光のスペクトルはプロードなものであり、時間的にも空間的にもコヒーレンシィは低い。このようなプロードバンドの光は、投影レンズの材質にもよるが、著しく大きな色収差を発生する。紫外域の光を効率よく透過させるために、エキシマレーザ用の投影レンズは石英のみで作られることが多い。このためエキシマレーザ光のスペクトル幅は極めて狭くする必要があるとともに、その絶対波長も一定にさせる必要がある。

る。

そこで本実施例では、第13図(A)に示すようにエキシマレーザチューブ202の外部に共振器として作用する全反射ミラー(リアミラー201)、低反射率ミラー(フロントミラー)205とを設けてコヒーレンシィを少し高めるとともに、レーザチューブ202の外部でミラー201とミラー205との間に、2つの可変傾角のファブリ・ペロー・エタロン203、204を配置してレーザ光の狭帯化を計るようにした。ここでエタロン203、204は2枚の石英板を所定のギャップで平行に對向させたもので、一種のバンドパスフィルターとして働く。エタロン203、204のうちエタロン203は粗調用で、エタロン204は微調用であり、このエタロン204の傾角を調整することで、出力されるレーザ光の波長の絶対値が一定値になるように、波長変動をモニターしつつ逐次フィードバック制御する。

そこで本実施例では、このようなエキシマレーザ光源の構成と投影レンズの始上色収差とを積極

的に利用して、最良結像面を光学的上下動させることで、多重焦点露光法を行なうようにした。すなわち、あるチップ領域CPを露光する際、エキシマレーザ光源内のエタロン204、又は203のうちいずれか一方を、絶対波長安定化に必要な傾角から所定量だけずらしながらエキシマレーザ(パルス等)を照射する。エタロンの傾角をずらすと、絶対波長がわずかにシフトするので、投影レンズの軸上色収差に対応して最良結像面は光軸方向に位置変動を起す。このため50~100パルスのエキシマレーザで露光する間にエタロンの傾角を離散的、又は連続的に変化させれば、レチクル、ウェハ間のメカ的な移動をまったく行なうことなく同様の多重焦点露光法が実施できる。

第13図(B)は、同様のエキシマレーザの他の構成を示し、リアミラー201の代りに波長選択素子としての反射型の回折格子(グレーティング)206を傾斜可能に設けたものである。この場合、グレーティング206は波長設定時の粗調に使い、エタロン204を微調に使う。多重焦点

(倍率誤差)を補正することができる。

次に、先に説明した多重焦点露光法の他のシーケンスを第6の実施例として説明する。

このシーケンスのために、第3図に示したステッパーにはウェハステージ26のヨーイングを計測するための差動干渉計が設けられ、移動鏡28x、又は28yに一定間隔で平行に並んだ2本の測長用ビームを投射し、2本の測長ビームの光路差の変化を計測する。この計測値はウェハステージ26の移動中、又はステッピング後に生じる微小回転誤差量に対応している。

そこでまずウェハW上の全てのチップ領域に対して、1つの焦点位置でステップアンドリピート方式で順次露光している。このとき、各チップ領域の露光中に、ウェハステージ26のヨーイング量を計測して記憶していく。そしてZステージ26zの高さ変更、又はエキシマレーザ光の波長シフト等を行なって第2の焦点位置で同様にステップアンドリピート方式で1番目のチップ領域から順次露光を行なっていく。このとき各チップ領域

露光法のためには、エタロン204、又はグレーティング206のうちいずれか一方を傾斜させれば発振波長が変化し、最良像面が上下動する。

以上のように、エキシマレーザを用いると色収差という物理現象を使って像面(焦点位置)を変化させることができるが、色収差には軸上色収差(軸上色収差)と横色収差(倍率色収差)の2つがあり、それぞれが波長の変化によって同時に生じことがある。倍率色収差は、投影倍率を狂わせることを意味するので、無視できる程度に補正しておく必要がある。そこで一例としては、両側テレセントリックな投影レンズの場合には投影レンズ内の最もレチクル側に設けられたテレンズ維持用のフィールドレンズ群(補正光学系)を光軸方向に上下動させる構成とし、エタロン204の傾斜と同期させてフィールドレンズ群を上下動させれば、倍率色収差を補正することができる。

また第3図に示した結像補正機構18を連動して用いて、投影レンズ16内の制御圧力にオフセットを加える方式であっても、同様に横色収差

にステッピングしたときのヨーイング量と、先に記憶された当該チップ領域露光時のヨーイング量とを比較し、許容値内の差しかないときはそのまま露光を行なう。比較の結果が差が大きいときは、ウェハWを保持して微小回転するθテーブルで回転補正するか、レチクルを保持するθテーブルを回転させて補正する。

この際、x、y方向のレチクルとチップ領域の位置ずれは、アライメント系12等によりダイ・バイ・ダイ方式でモニターしつつ、リアルタイムにアライメント(位置ずれ補正)するとよい。すなわち、x、y方向のアライメント誤差は、チップ領域に付随したマークWM<sub>1</sub>~WM<sub>n</sub>、レチクルマークRM<sub>1</sub>~RM<sub>n</sub>を検出しつつ、そのアライメント誤差が零になるようにレチクルステージ6又は、ウェハステージ26をサーボ制御する状態にしておき、同時にレチクル又はウェハを差動干渉計からのヨーイング計測値に基づいて回転補正する。

このようなシーケンスにすると、各チップ領域

に対するアライメント時間が短くなるとともに、チップローテーション、ウェハローテーションの誤差による重ね合わせ精度の低下が無視できる。

またウェハステージのヨーイング量を記憶しておくので、1層目の露光(ファーストプリント)時から多重焦点露光法を使うときでも、分解したレチクルによる重ね合わせ露光の精度を何ら低下させることができない。

以上、本実施例では各チップ領域の露光のたびに焦点位置を変えるのではなく、1枚のウェハに対する1回目の露光が終了した時点で焦点位置を変えるだけなので、スループットの向上が期待できる。

以上、本発明の各実施例を説明したが、分解されたパターンの各々は、パターン形状が異なるために必然的に像強度も異なってくる。そのため、各分解パターン毎に適正露光量が異なることがある。そこで分解されたパターンの各々について、レチクルのパターン領域の透過率等を計測して各分解パターン毎に適正露光量を決定するようにし

これらは、光を用いる0.5 μm以下のリソグラフィで焦点深度をいかにして増大させるかという物理的限界に対する解法の有力な手法である。

更に、レチクルを分割する方法は近年、各パターンにサブ・スペース・マーク等を入れる技術が開発され、同一のレチクルに本パターンとともにサブ・スペース・マークを入れることがスペース的にむずかしいことへの解決ともなる。

#### 4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明の方法を模式的に表わした図、第2図(A)、(B)はライン・アンド・スペースパターンとその間引きパターンとの回折光の発生の様子を示す図、第2図(C)はライン・アンド・スペースパターンのときの像強度分布のシミュレーション結果を表わすグラフ、第2図(D)、(E)は間引きパターンのときの像強度分布のシミュレーション結果を表わすグラフ、第2図(F)は第2図(D)、(E)の像強度を重ね合わせたシミュレーション結果を表わすグラフ、第3図は本発明の実施に好適なステッパーの構成を示す斜視

てもよい。また、投影露光時の結像光束の開口数を小さくすることも焦点深度を増大させるのに役立つ。結像光束の開口数は、投影レンズの瞳EPに可変開口絞り板を設けること、照明光学系内の2次光源像の大きさを絞りや変倍光学系等を用いて変えること等で調整できる。さらに瞳EPを通る光束を第14図のような絞りでリング状(輪帶状)に制限してもよい。あるいは2次光源像を径や幅を可変、又は切替え可能なリング状に形成してもよい。

#### 〔発明の効果〕

以上のように本発明によれば、従来は多重焦点露光法の適用が難かしかったパターンに対しても同方法を適用できるようになる。また、パターンの空間周波数を低減できるために、フォーカス位置を変化させない場合についても、より微細なパターンの形成が可能である。

また、エキシマ露光等で波長を変化させて多重露光を行うことで焦点深度の拡大方法の選択が広がる。

図、第4図はステッパーの投影光学系における結像の様子を示す図、第5図、第6図、第7図、第8図はそれぞれ本発明の方法のパターン分解法を説明する図、第9図は本発明の方法を用いた1つの露光手順を説明するフローチャート図、第10図は第2の実施例によるパターン分解法を説明する図、第11図は第3の実施例によるパターン形成法を説明する図、第12図は第4の実施例によるパターン分解法を説明する図、第13図は第5の実施例による露光方法を実施するのに好適なレーザ光源の構成を示す図、第14図は結像光束の開口数を調整するための輪帶状フィルターを示す平面図である。

#### 〔主要部分の符号の説明〕

R、R<sub>1</sub>、R<sub>2</sub>、R<sub>3</sub>、R<sub>4</sub>…レチクル、

W…ウェハ、

CP…ショット領域、

PA、PB…全体パターン、

PTA<sub>1</sub>、PTA<sub>2</sub>、PTA<sub>3</sub>、

…PAの分解パターン、

PTB<sub>1</sub>、PTB<sub>2</sub>、PTB<sub>3</sub>

…PBの分解パターン。

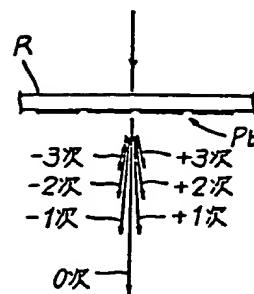
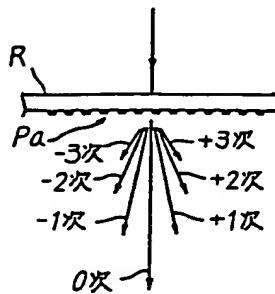
2…光源部、

4…照明光学系、

6…レチクルステージ、

16…投影レンズ、

18…結像補正機構。



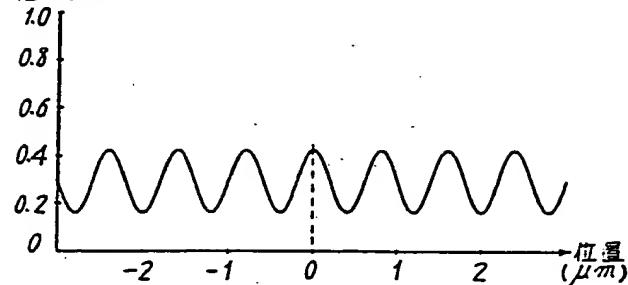
第2図(A)

第2図(B)

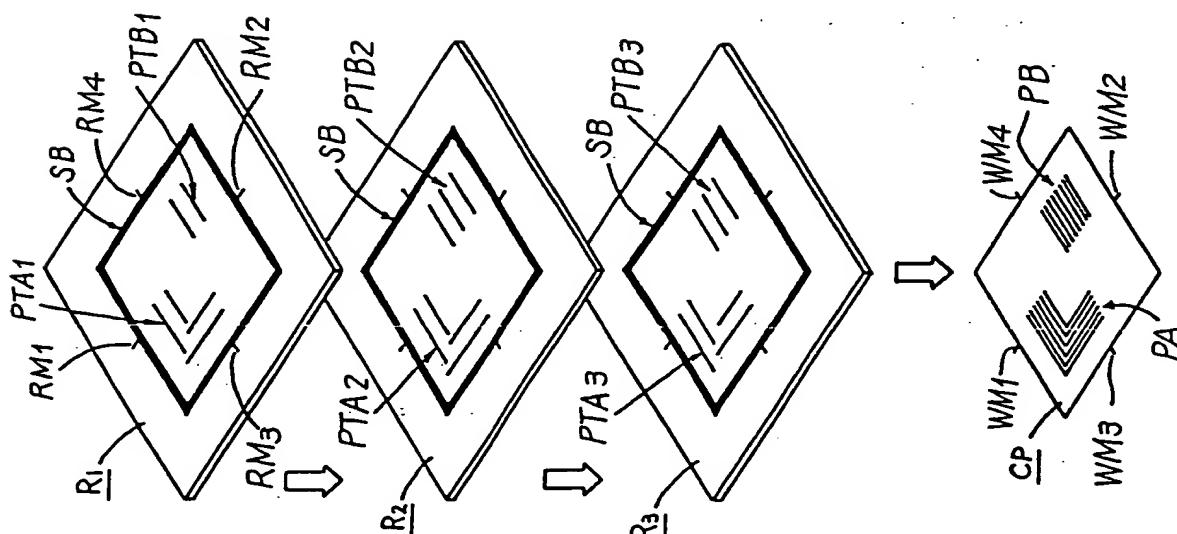
出願人 株式会社 ニコン

代理人 渡辺 陵男

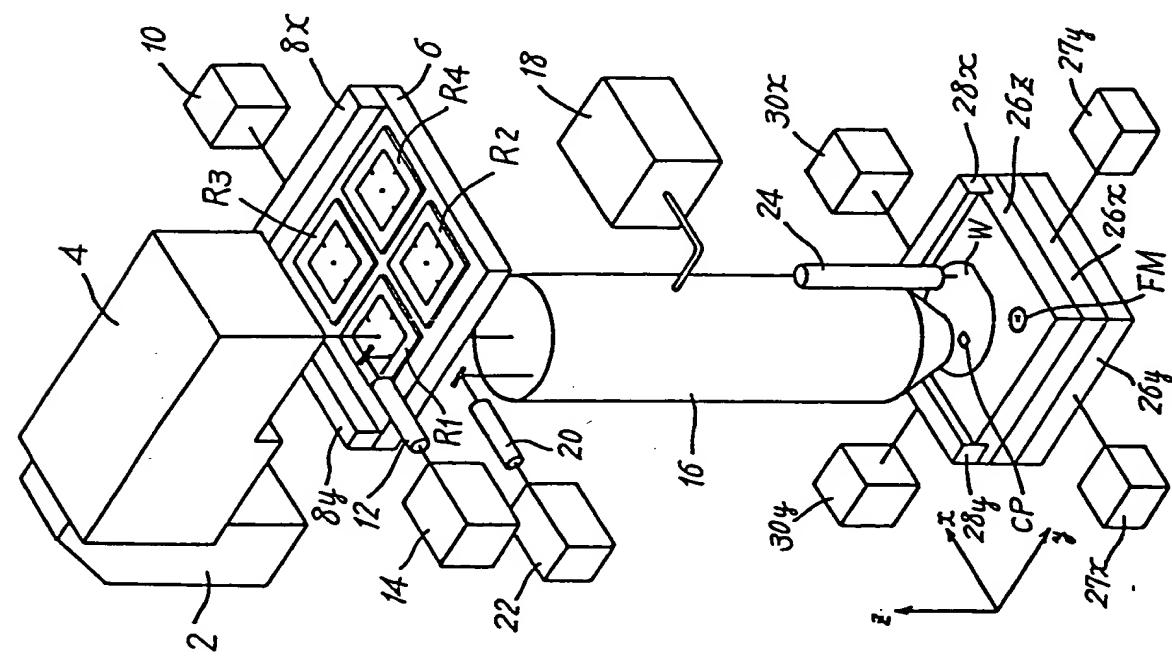
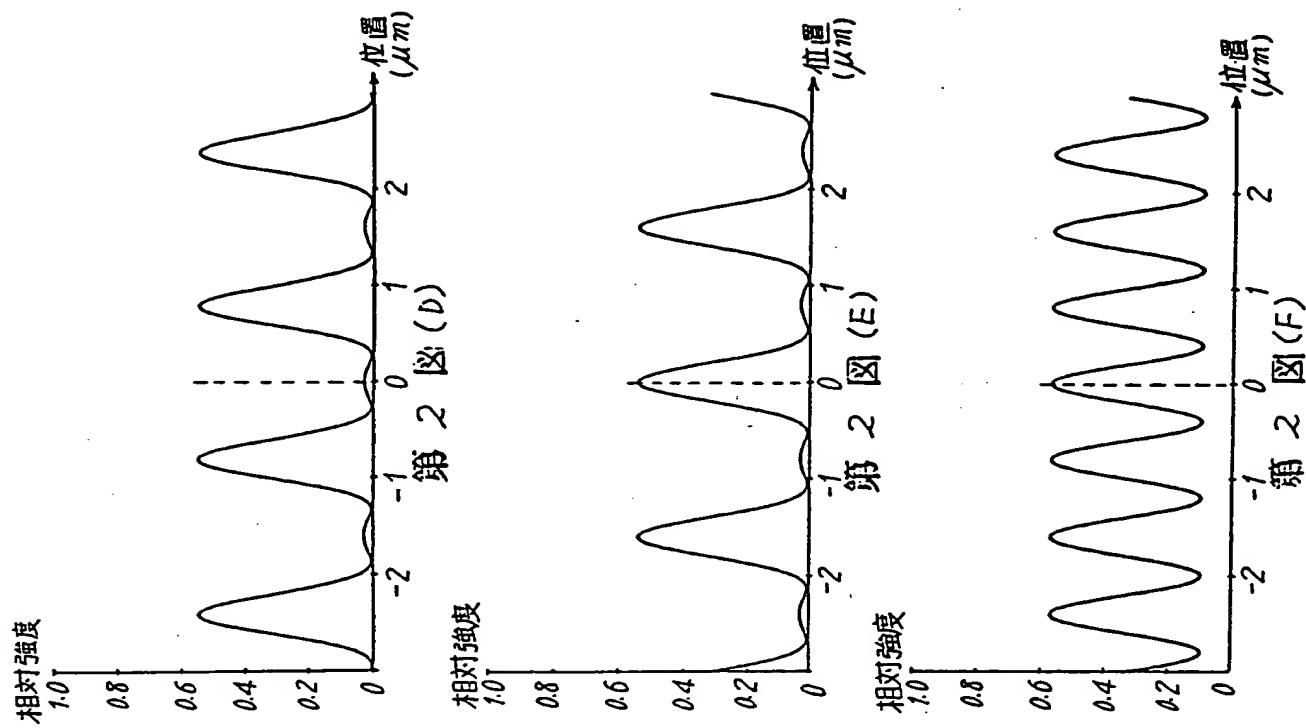
相対強度



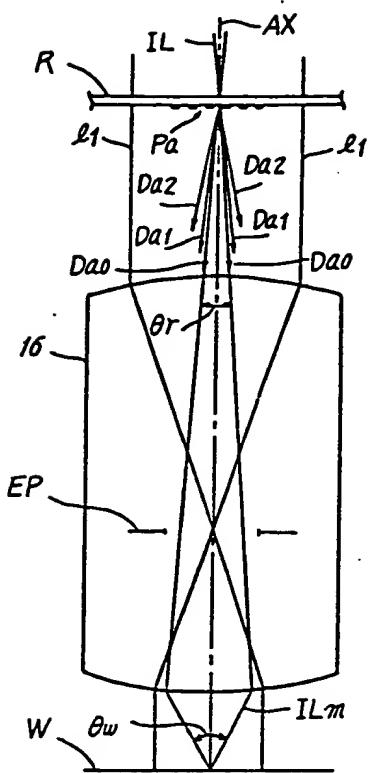
第2図(C)



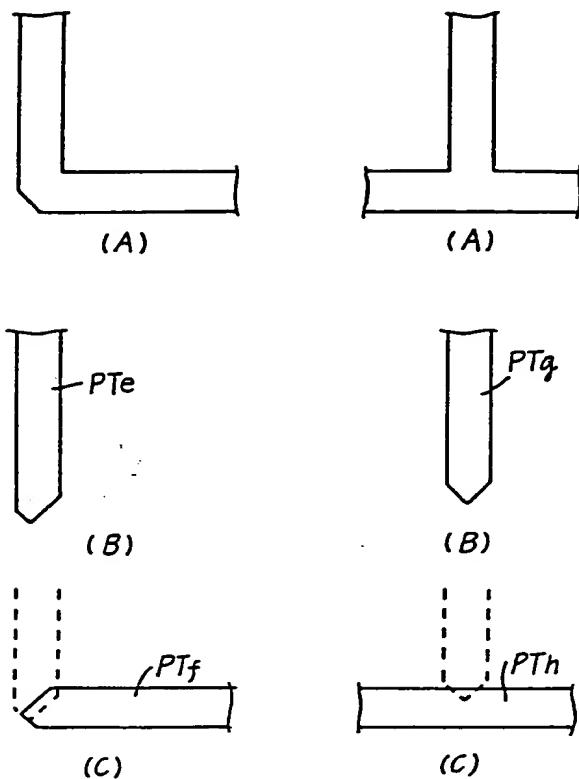
第1図



第3図

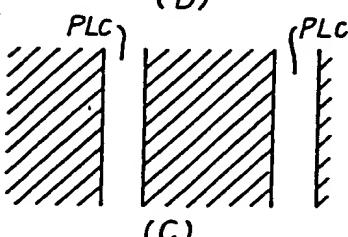
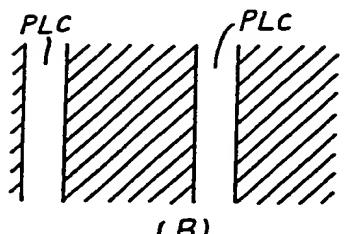
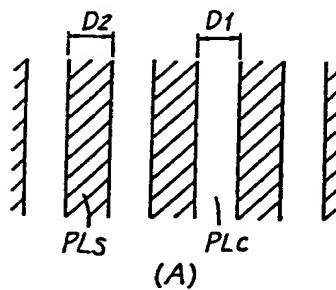


第4図

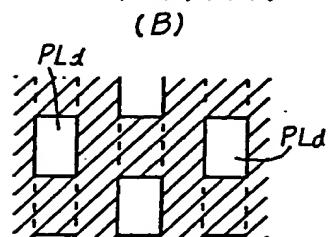
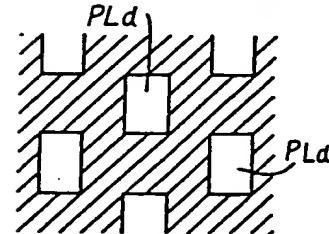
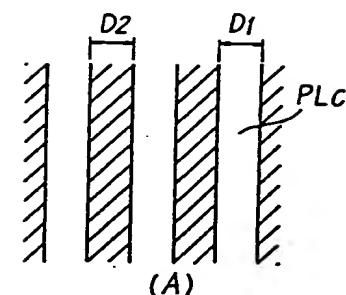


第7図

第8図

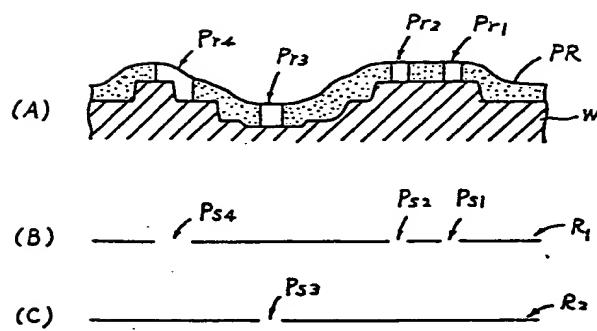
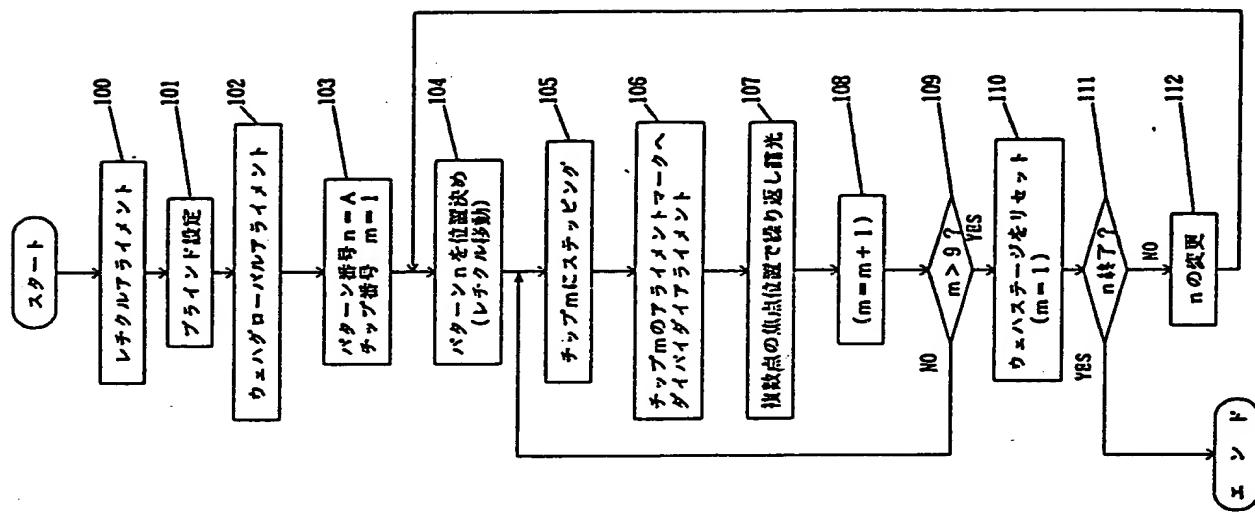


第5図

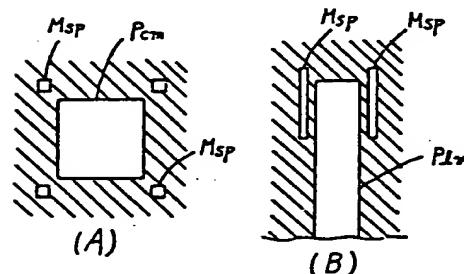


第6図

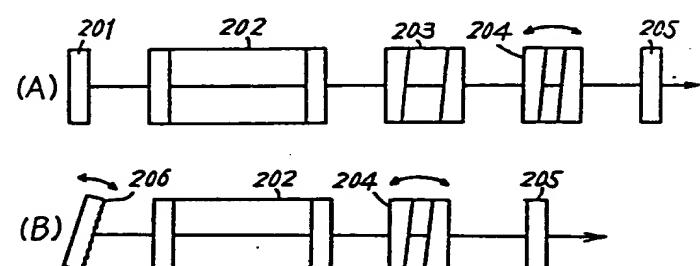
第9図



第10図



第11図



第13図

第14図

